

03S1089

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 4 日
Date of Application:

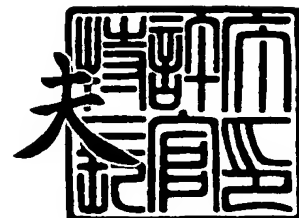
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 1 0 5 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 3 1 0 5 1]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 0 5 7 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000202318

【提出日】 平成14年11月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 フォトマスクの評価方法および半導体装置の製造方法

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 三本木 省次

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

【氏名】 野嶋 茂樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

【氏名】 池永 修

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスクの評価方法および半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォトマスク内の単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれに起因する、前記フォトマスクの第 1 の寸法ばらつきと、前記フォトマスクの製造に係るエッチングおよび現像に起因する、前記フォトマスクの第 2 の寸法ばらつきとを含む、前記フォトマスクに係る寸法ばらつきを求める工程と、

前記第 1 および第 2 の寸法ばらつきと、これらの寸法ばらつきが露光余裕度を与える影響度とを用いて、前記フォトマスクの寸法ばらつきにより生じる前記露光余裕度の劣化量を見積もる工程と、

この見積もった劣化量と、前記露光余裕度の許容劣化量とを比較し、前記フォトマスクの良否を判断する工程と

を有することを特徴とするフォトマスクの評価方法。

【請求項 2】

前記フォトマスクに係る寸法ばらつきを求める工程において、さらに露光装置のステージ移動により生じる偏向領域間の位置ずれに起因する前記フォトマスクの第 3 の寸法ばらつきを求め、

前記露光余裕度の劣化量を見積もる工程において、前記第 1、第 2 および第 3 の寸法ばらつきと、これらの寸法ばらつきが前記露光余裕度を与える強度とを用いることを特徴とする請求項 1 に記載のフォトマスクの評価方法。

【請求項 3】

前記フォトマスクに係る寸法ばらつきを求める工程は、露光装置のステージ移動により生じる偏向領域間の境をまたがらない前記フォトマスク上のパターンを測定して求めることを特徴とする請求項 1 に記載のフォトマスクの評価方法。

【請求項 4】

前記第 1 の寸法ばらつきとして、前記フォトマスクの製造に使用する露光装置を検査した時に、検査用フォトマスクを用いて予め求めておいた、前記検査用フォトマスク内の単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれに起因する、前記検査

用フォトマスクの寸法ばらつきを代用することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載のフォトマスクの評価方法。

【請求項5】

前記単位描画図形の位置ずれのばらつきと、前記単位描画図形の大きさずれのばらつきとを変数とする関数として、前記第1の寸法ばらつきが前記露光余裕度に与える影響度を見積もることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載のフォトマスクの評価方法。

【請求項6】

前記関数は、（前記単位描画図形の大きさずれのばらつき）／（前記単位描画図形の位置ずれのばらつき）の比を変数とする関数であることを特徴とする請求項5に記載のフォトマスクの評価方法。

【請求項7】

前記関数をモンテカルロシミュレーションによって求めることを特徴とする請求項6に記載のフォトマスクの評価方法。

【請求項8】

請求項1ないし7のいずれか1項に記載のフォトマスクの評価方法により、フォトマスクの良否を判断し、良品なフォトマスクを選択する工程と、

前記選択されたフォトマスクを用いて、フォトリソグラフィプロセスを行う工程と

を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体プロセスで使用されるフォトマスクの評価方法および半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、フォトマスクに求められている寸法精度は急速に厳しくなり、例えばフォトマスク面内の寸法均一性は10nm以下が必要とされている。フォトマスク

の製造工程において、良品か不良品かを判断する項目は多数あり、その項目の中の一つでも仕様を満たさないものがあれば不良品とされている。上述のごとくフォトマスクに求められる精度が厳しくなる中で、マスク製造技術の高精度化は進んでいるものの、良品が得られる歩留まりは悪化している。

【0003】

フォトマスクの仕様は、フォトマスクが使われるウェハ露光で所望の露光余裕度を得るために必要となる。従来のフォトマスクの仕様は、各項目がすべて仕様値ぎりぎりの値になった場合でも、所望の露光余裕度が得られるように決められている。

【0004】

実際のフォトマスクですべての項目が仕様値ぎりぎりの値になるようなことは極めて希で、ほとんどのフォトマスクはある項目は仕様値を越えていても、その他の項目は余裕を持って仕様値の中に収まっていることが多い。

【0005】

このようなフォトマスクは不合格品として処分されてしまうが、その中には所望の露光余裕度を得ることができるフォトマスク、すなわち製品を量産するにあたり問題のないフォトマスクが存在していると考えられる。

【0006】

その理由は、仮に仕様値を越える項目があっても、その他の項目が余裕を持って仕様値に収まっている場合、仕様値を越えてしまった項目による露光余裕度の減少分が、余裕を持って仕様値に収まっている項目の露光余裕度の増加分を下回れば、全体としては所望の露光余裕度が得られることがあるからである。

【0007】

ところで、公知例として特開 2002-260285 号公報があるが、これはフォトマスクの寸法ばらつき、平均値、さらに位相シフトマスクを用いた場合には透過率、位相差についてのみ言及したものであり、フォトマスクの合否判断を下すためには十分なものとは言えなかった。そのため、良品マスクを不良品として判定してしまう危険性があり、フォトマスクの製造歩留まりが低下するという問題がある。

【0008】

また、寸法ばらつきと言っても、フォトマスク（レティクル）の全面規模で起こる寸法ばらつき（グローバル寸法ばらつき）と、非常に小さい領域で起こる寸法ばらつき（ローカル寸法ばらつき）とでは、露光量裕度に与える影響度が異なる。

【0009】

従来のフォトマスクの評価方法では、グローバルばらつきとローカルばらつきを区別することなく、同じ影響度で露光量裕度の劣化量を見積もっている。そのため、ローカルばらつきの露光量裕度に与える影響度が、グローバルばらつきのそれよりも小さい場合（あるいはその逆の場合）、露光量裕度の劣化量の見積もりはオーバーなものとなる。そのため、良品マスクを不良品として判定してしまう危険性があり、フォトマスクの製造歩留まりが低下するという問題がある。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上述の如く、従来のフォトマスクの評価方法は、寸法のばらつきに関する検討が不十分であるために、良品のフォトマスクを不良品として判定してしまい、フォトマスクの製造歩留まりが低下するという問題がある。

【0011】

本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、フォトマスクの製造歩留まりの低下を防止できるフォトマスクの評価方法および該フォトマスクを用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば下記の通りである。すなわち、上記目的を達成するために、本発明に係るフォトマスクの評価方法は、フォトマスク内の単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれに起因する、前記フォトマスクの第1の寸法ばらつきと、前記フォトマスクの製造に係るエッチングおよび現像に起因する、前記フォトマスクの第2の寸法ばらつきとを含む、前記フォトマスクに係る寸法ばらつきを求める工程と、前記第

1 および第2の寸法ばらつきと、これらの寸法ばらつきが露光余裕度に与える影響度とを用いて、前記フォトマスクの寸法ばらつきにより生じる前記露光余裕度の劣化量を見積もる工程と、この見積もった劣化量と、前記露光余裕度の許容劣化量とを比較し、前記フォトマスクの良否を判断する工程とを有することを特徴とする。

【0013】

本発明によれば、フォトマスク内の単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれに起因する、前記フォトマスクの第1の寸法ばらつき（ローカル寸法ばらつき）が露光余裕度に与える影響度と、前記フォトマスクの製造に係るエッチングおよび現像に起因する、前記フォトマスクの第2の寸法ばらつき（グローバル寸法ばらつき）が露光余裕度に与える影響度とを分けて、露光余裕度の劣化量を見積もっているため、フォトマスクの製造誤差スペックが過度となることを回避することができ、その結果としてフォトマスク製造に関する歩留まりを改善することができるようになる。

【0014】

本発明に係る半導体装置の製造方法は、本発明に係るフォトマスクの評価方法により、フォトマスクの良否を判断し、良品なフォトマスクを選択する工程と、前記選択されたフォトマスクを用いて、フォトリソグラフィプロセスを行う工程とを有することを特徴とする。

【0015】

本発明の上記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記載および添付図面によって明らかになるであろう。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0017】

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態に係るフォトマスクの評価方法を示すフローチャートである。

【0018】

まず、石英基板等の透明基板上にCr膜等の遮光膜が形成されてなるマスクブランクスを用意し、次に、該マスクブランクス上に130nmのL/Sパターンを形成し、フォトマスクを作成する。

【0019】

具体的には、マスクブランク上にレジストを塗布し、次いで該レジスト上にL/Sパターンを電子ビーム描画装置を用いて描画し、次いで上記レジストを現像してL/Sパターンを含むレジストパターンを形成し、そして、該レジストパターンをマスクに用いて上記遮光膜をエッチングにより加工し、しかる後、上記レジストパターンを剥離する。このようにして、L/Sパターンを含むフォトマスクが得られる。なお、マスクブランクスを製造するメーカーとフォトマスクを形成するメーカーとは、同じメーカーの場合もあるし、あるいは別のメーカーの場合もある。

【0020】

次に、フォトマスク上のパターン（マスクパターン）の寸法ばらつきに起因して生じる露光余裕度の劣化の許容量（露光余裕度の許容劣化量） $\Delta EL_{\text{budget}}$ を設定する（ステップS1）。ここでは、 $\Delta EL_{\text{budget}} = 4.0\%$ と設定する。

【0021】

次に、寸法測定装置により、マスクパターン（ここでは、L/Sパターン）の寸法ばらつきを測定する。このとき、マスクパターンの寸法ばらつきを次の第1～第3の寸法ばらつきに分けて、測定を行う。

【0022】

第1の寸法ばらつきは、単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれが原因（ローカルCDエラー）で生じる寸法ばらつきで、これを ΔCD_{local} とする。 ΔCD_{local} は、フォトマスク上の上記単位描画図形（単位パターン）に関し、該単位描画図形の複数の箇所における寸法の測定結果から算出する。上記単位描画図形は一般にはフォトマスク上に複数あるので、それぞれの単位描画図形の寸法測定結果から ΔCD_{local} を通常は算出することになる。

【0023】

第2の寸法ばらつきは、レジストの現像および遮光膜のエッチングが原因（グローバルCDエラー）で生じる寸法ばらつきで、これを ΔCD_{global} とする。 ΔCD_{global} は、フォトマスク上の全面からランダムに選んだ複数の測定箇所の測定結果から算出する。

【0024】

第3の寸法ばらつきは、電子ビーム描画装置のステージ移動の際に生じる偏向領域間の位置ずれが原因（バッティングCDエラー）で生じる寸法ばらつきで、これを $\Delta CD_{butting}$ とする。 $\Delta CD_{butting}$ は、偏向領域間の境をまたがるパターンの複数の箇所における寸法の測定結果から算出する。

【0025】

なお、従来の技術では、バッティングCDエラーとそれ以外のCDエラーとの二つにしか分けていない。したがって、従来の技術では、グローバルCDエラーとローカルCDエラーとの区別はなされていない。

【0026】

本実施形態では、第1～第3の寸法ばらつきを分散の形で求め、第1～第3の寸法ばらつきの分散を、それぞれ、 σ_{local} 、 σ_{global} 、 $\sigma_{butting}$ とする。測定および算出の結果、

$\sigma_{local} = 2.0\text{nm}$ 、 $\sigma_{global} = 2.6\text{nm}$ 、 $\sigma_{butting} = 3.0\text{nm}$
であった（ステップS2）。

【0027】

次に、第1の寸法ばらつきが露光量裕度に与える影響度（ MEF_{local} ）、第2の寸法ばらつきが露光量裕度に与える影響度（ MEF_{global} ）、第3の寸法ばらつきが露光量裕度（、 $MEF_{butting}$ ）を、実験もしくはシミュレーションによって求める（ステップS3）。その結果、

$MEF_{local} = 0.25\%/nm$ 、 $MEF_{global} = 0.43\%/nm$ 、 $MEF_{butting} = 0.12\%/nm$
であった。

【0028】

次に、 σ_{local} 、 σ_{global} 、 $\sigma_{butting}$ 、 MEF_{local} 、 MEF_{global} および $MEF_{butting}$ を用い、フォトマスクの寸法ばらつきにより生じる露光量裕度の劣

化量 ΔEL を下記の関係式から見積もる (ステップ S4)。

【0029】

$$\Delta EL^2 = (MEF_{local} \times \Delta CD_{local})^2 + (MEF_{global} \times \Delta CD_{global})^2 + (MEF_{butting} \times \Delta CD_{butting})^2$$

$$\Delta CD_X = \alpha \times \sigma_X \quad (X = local, butting, global)$$

ここで、 α は通常 3 程度にとる。

【0030】

次に、 ΔEL と ΔEL_{budget} の大小関係を比較し (ステップ S5)、 $\Delta EL < \Delta EL_{budget}$ の場合は、作成されたフォトマスクは良品と判断し、 $\Delta EL \geq \Delta EL_{budget}$ の場合は、作成されたフォトマスクは不良品と判断する。例えば、 $\alpha = 3$ の場合の ΔEL を求めると、 $\Delta EL = 3.8\%$ となり、 $\Delta EL_{budget} = 4.0\%$ より小さいので良品となる。

【0031】

一方、グローバル CD エラーとローカル CD エラーとを区別しない従来の方法で ΔEL を見積もると、 $MEF_{local} = MEF_{global} = 0.43$ として算出したのと等価であることから、 $\Delta EL = 4.4\%$ となり、 $\Delta EL_{butting} = 4.0\%$ より大きいので不良品となってしまう。そのため、従来方法では、良品を不良品として判断してしまっていた。

【0032】

かくして本実施形態によれば、バッティング CD エラー以外の CD エラーであるグローバル CD エラーとローカル CD エラーとを区別し、これらの CD エラーのウェハ転写時の露光量裕度への影響度の違いを考慮し、良品／不良品の判断を行うことで、フォトマスクの製造誤差スペックが過度となることを回避することができ、その結果としてフォトマスク製造に関する歩留まりを改善することができるようになる。

【0033】

なお、上記良品として判断されたフォトマスクは、半導体デバイスの製造プロセス (フォトリソグラフィプロセス) に使用されるが、上記半導体デバイスを製造するメーカーと上記フォトマスクを製造・判断するメーカーとは、同じメーカー (

デバイスメーカー) の場合もあるし、あるいは別のメーカー (マスクメーカー) の場合もある。

【0034】

(第2の実施形態)

本実施形態では、第1の実施形態の寸法ばらつきの分散を求める工程 (ステップS2) を簡略化できる、フォトマスクの評価方法について説明する。

【0035】

図2は、偏向境域間境界1をまたがるパターン2と、偏向境域間境界1をまたがらないパターン3を示す平面図である。本実施形態では、偏向境域間境界1をまたがらないパターン3を寸法ばらつきの測定の対象とする。これにより、バッティングCDエラーによる寸法ばらつき $\Delta CD_{\text{butting}}$ を考慮せずに済むようになる。

【0036】

しかしながら、ローカルCDエラーによる寸法ばらつき ΔCD_{local} と、グローバルCDエラーによる寸法ばらつき $\Delta CD_{\text{global}}$ とは、分離されていない。測定のスループット向上の観点からは、製造したフォトマスク毎に、上記二つの寸法ばらつき ΔCD_{local} 、 $\Delta CD_{\text{global}}$ を求めるための測定を行わずに済ませられることが好ましい。

【0037】

ここで、ローカルCDエラーは、同じ露光装置であっても使用時の装置状態によって変わる。そこで、定期的に行われる露光装置の検査時に、ローカルCDエラーによる寸法ばらつきの分散を求め、下記の関係式からグローバルCDエラーによる寸法ばらつき σ_{global} を求める。

【0038】

$$\sigma_{\text{global}}^2 = \sigma_{\text{measured}}^2 - \sigma_{\text{local}}^2$$

上記関係式中の σ_{measured} は評価すべき実際のフォトマスク上の多点での寸法測定で得られた寸法ばらつきの分散、 σ_{local} は定期的な露光装置の検査時に検査用フォトマスク内の単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれに起因する、検査用フォトマスクの寸法ばらつきの分散 (検査用フォトマスクのローカルCDエ

ラーによる寸法ばらつきの分散) である。評価すべき実際のフォトマスクと検査用フォトマスクは、一般には異なるが、 σ_{local} を求める点では実用上問題は無い。

【0039】

このようにして予め求めておいた検査用フォトマスクの σ_{global} ($= (\sigma_{\text{measured}}^2 - \sigma_{\text{local}}^2)^{1/2}$) を、評価すべき実際のフォトマスクのローカルCDエラーによる寸法ばらつきの分散の代わりに用い、第1の実施形態と同様に ΔEL を求める。

【0040】

かくして本実施形態によれば、第1の実施形態よりもCDエラーによる寸法ばらつきの分散を簡単に求めることができる、フォトマスクの評価方法を実現できるようになる。また、本実施形態のフォトマスクの評価方法を用いることで、第1の実施形態と同様に、フォトマスクの製造誤差スペックが過度となることを回避することができ、フォトマスク製造に関する歩留まりを改善することができるようになる。また、第1の実施形態と同様に、良品として判断されたフォトマスクは、半導体デバイスの製造プロセス（フォトリソグラフィプロセス）に使用される。

【0041】

(第3の実施形態)

本実施形態では、シミュレーションによる影響度 MEF_{local} の求め方について説明する。本実施形態の影響度 MEF_{local} の求め方は、第1および第2の実施形態に適用できる。本実施形態の影響度 MEF_{local} の求め方を、第1および第2の実施形態に適用する方法は明らかであると思うので、詳細には説明しない。

【0042】

まず、単位描画図形の位置ずれおよび大きさを測定し、単位描画図形の位置ずれおよび大きさずれが原因（ローカルCDエラー）で生じる寸法ばらつきによる分散を算出する。このとき、単位描画図形の位置ずれに起因する分散を σ_p 、単位描画図形の大きさずれに起因する分散を σ_w とする。

【0043】

影響度 MEF_{local} は、分散 σ_p , σ_w に依存する。そこで、影響度 MEF_{local} を分散 σ_p , σ_w の関数として、モンテカルロシミュレーションによって求める。モンテカルロシミュレーションを用いる理由は以下の通りである。

【0044】

すなわち、ローカル CD エラーは、同じパターンでもその周囲の環境の揺らぎによって変化する性質を有し、モンテカルロシミュレーションは上記のようなパターン周囲の環境の揺らぎの影響を反映させやすいからである。なお、モンテカルロシミュレーション以外のシミュレーションによっても、影響度 MEF_{local} を求めることは可能である。

【0045】

マスクパターン形成プロセスで用いるレジストにポジ型を想定した場合には、ライン部分は図 3 (a) に示すように、単位描画図形の間で形成される。一方、ネガ型レジストを想定した場合には、図 3 (b) に示すように、単位描画図形そのもので形成される。

【0046】

図 3 (a) および図 3 (b) は、単位描画図形の位置および大きさに関して、モンテカルロシミュレーションを行った一例である。これらの図から、単位描画図形の位置および大きさがランダムに変化していることがわかる。すなわち、本来はない位置ずれや大きさずれが生じていることがわかる。

【0047】

図 3 (a) のようにポジ型レジストを用いた場合にはマスクライン寸法の分散 σ_M およびマスクスペース寸法の分散 σ_{Mn} は

【数 1】

$$\sigma_M^2 = 2\sigma_p^2 + \frac{1}{2}\sigma_w^2, \sigma_{Mn}^2 = \sigma_w^2$$

で与えられる。一方、ネガ型レジストを用いた場合には、

【数 2】

$$\sigma_M^2 = \sigma_w^2, \sigma_{Mn}^2 = 2\sigma_p^2 + \frac{1}{2}\sigma_w^2$$

で与えられる。

【0048】

このマスクを用いてパターンをウェハに転写する際に、ライン部が所望通りの寸法に仕上げるために必要な露光量をEとする（これを適正露光量と呼ぶ）。適正露光量の変化 ΔE は、ライン部分のマスク寸法の変化 ΔM と最隣接スペース部分のマスク寸法の変化 ΔM_n の関数となる。 ΔM と ΔM_n が小さいときには、全微分、

【数3】

$$\Delta E = \frac{\partial E}{\partial M} \Delta M + \frac{\partial E}{\partial M_n} \Delta M_n$$

で与えられる。

【0049】

ここで、 ΔM および ΔM_n はモンテカルロシミュレーションによってランダムに変化させた量である。 ΔE の分散 σ_E は次式で与えられる。

【0050】

【数4】

$$\sigma_E^2 = \left(\frac{\partial E}{\partial M} \right)^2 \sigma_M^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial M_n} \right)^2 \sigma_{Mn}^2$$

上式を σ_p 、 σ_w で表すと、ポジ型レジストの場合には次式になる。

【0051】

【数5】

$$\sigma_E^2 = 2 \left(\frac{\partial E}{\partial M} \right)^2 \sigma_p^2 + \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial E}{\partial M} \right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial M_n} \right)^2 \right\} \sigma_w^2$$

また、ネガ型レジストの場合には次式になる。

【0052】

【数 6】

$$\sigma_E^2 = 2 \left(\frac{\partial E}{\partial M_n} \right)^2 \sigma_P^2 + \left\{ \left(\frac{\partial E}{\partial M} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial E}{\partial M_n} \right)^2 \right\} \sigma_W^2$$

【0053】

以上から、ポジ型レジストに対する影響度 MEF_{local} を求めると、次式のようになる。

【0054】

【数 7】

$$MEF_{local}^2 = \frac{\sigma_E^2}{\sigma_M^2} = \left(\frac{\partial E}{\partial M} \right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial M_n} \right)^2 \frac{1}{2(\sigma_P/\sigma_W)^2 + 1/2}$$

【0055】

また、ネガ型レジストに対しては、

【数 8】

$$MEF_{local}^2 = \frac{\sigma_E^2}{\sigma_M^2} = \left(\frac{\partial E}{\partial M} \right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial M_n} \right)^2 \left\{ 2 \left(\frac{\sigma_P}{\sigma_W} \right)^2 + \frac{1}{2} \right\}$$

となることがわかる。

【0056】

孤立パターンの極限では、

【数 9】

$$\frac{\partial E}{\partial M_n} \rightarrow 0$$

となり、影響度 MEF_{local} は σ_P/σ_W に依存せず一定となる。この一定値も含めて、ポジ型、ネガ型に関わらず影響度 MEF_{local} は σ_P/σ_W の関数と考える。

【0057】

図 4 に、 σ_P 、 σ_W を種々変えた場合にモンテカルロシミュレーションによって得られるマスクのライン寸法の分散 σ_M と適正露光量の分散 σ_E を示す。

【0058】

露光条件は、露光波長 $\lambda = 248 \text{ nm}$ 、開口数 $NA = 0.8$ 、コヒーレンシー $\sigma = 0.75$ 、輪帯遮蔽率 $\varepsilon = 0.67$ で、パターンは 125 nm L/S のライン部分である。マスクパターン形成プロセスで用いたレジストは、ポジ型レジストである。最小二乗法から

【数10】

$$\left| \frac{\partial E}{\partial M} \right| = 0.094, \quad \left| \frac{\partial E}{\partial M_n} \right| = 0.233$$

となる。

【0059】

MEF_{local} を σ_p / σ_w の関数として求めたのが図5である。すなわち、製造すべきマスクに関して与えられた（測定された）複数の分散 σ_p , σ_w から複数の σ_p / σ_w 比を計算し、これらの σ_p / σ_w 比からモンテカルロシミュレーションによって求めた σ_p / σ_w 比と MEF_{local} との関係が図5である。このようにして求められた MEF_{local} を用いて第1の実施形態と同様にして ΔEL を求める。

【0060】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。例えば、露光余裕度の劣化量 ΔEL を2乗和で求めたが（ステップS4）、単純和で求めても構わないし、あるいは第1～第3の寸法ばらつきの確率分布が統計的に求められている場合には、畳込み積分を用いて統計和を求めても構わない。

【0061】

また、上記実施形態では、電子ビーム描画装置を用いた場合について説明したが、本発明は他の露光装置にも適用できる。

【0062】

さらに、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題を解決できる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

【0063】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施できる。

【0064】

【発明の効果】

以上詳説したように本発明によれば、フォトマスクの製造歩留まりの低下を防止できる、フォトマスクの評価方法および半導体装置の製造方法を実現できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態に係るフォトマスクの評価方法を示すフローチャート

【図2】

偏向境域間境界をまたがるパターンと偏向境域間境界をまたがらないパターンを示す平面図

【図3】

単位描画図形で形成されるマスク上のライン部分を示す図

【図4】

モンテカルロシミュレーションにより求められた σ_p と σ_w と σ_E との関係を示す図

【図5】

モンテカルロシミュレーションにより、影響度 MEF_{local} を σ_p/σ_w 比の関数として求めた結果を示す図

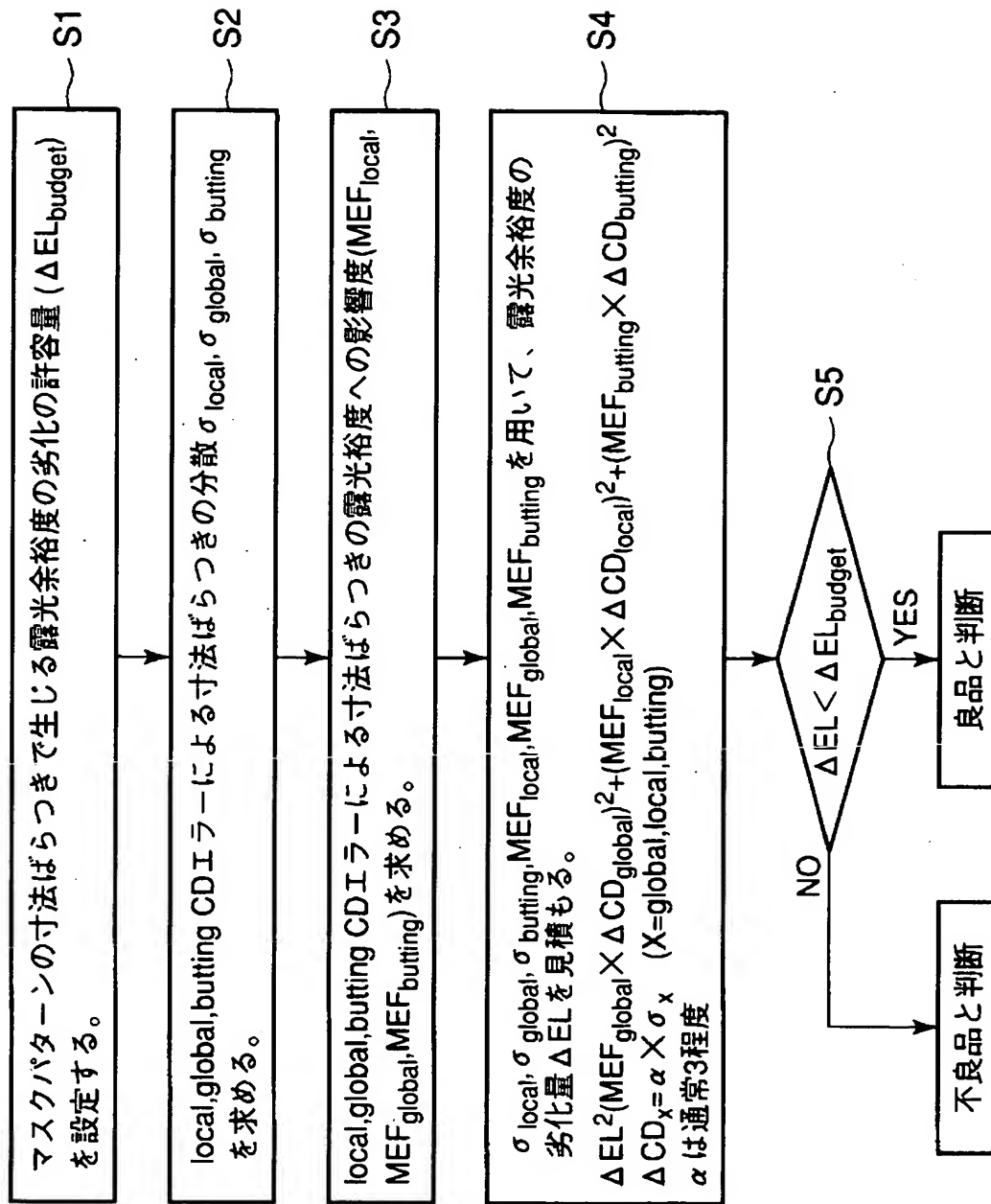
【符号の説明】

- 1…偏向境域間境界
- 2…偏向境域間境界をまたがるパターン
- 3…偏向境域間境界をまたがらないパターン

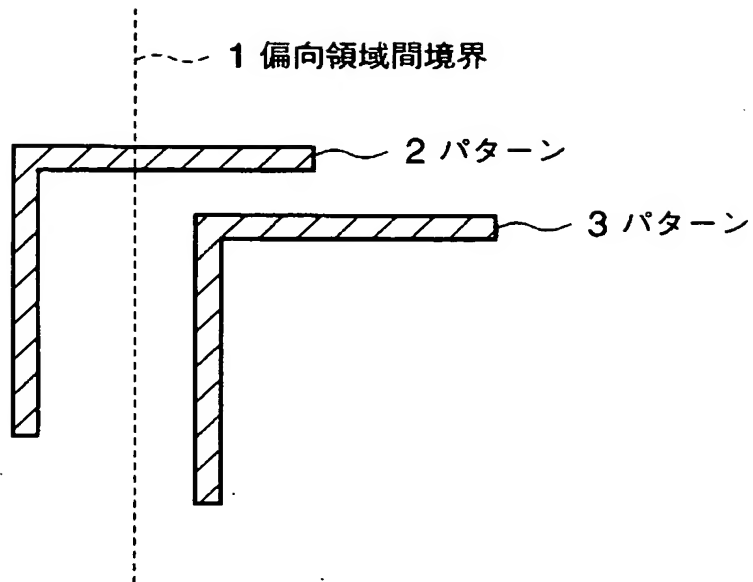
【書類名】

図面

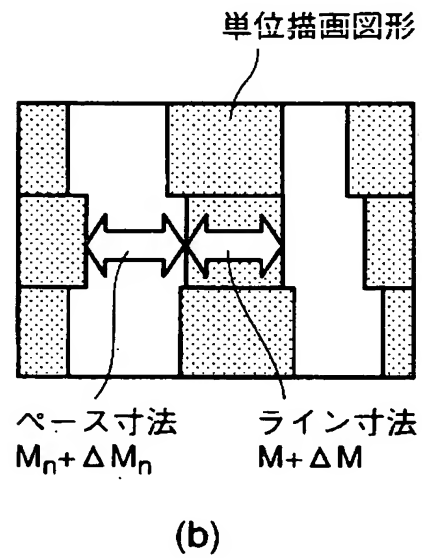
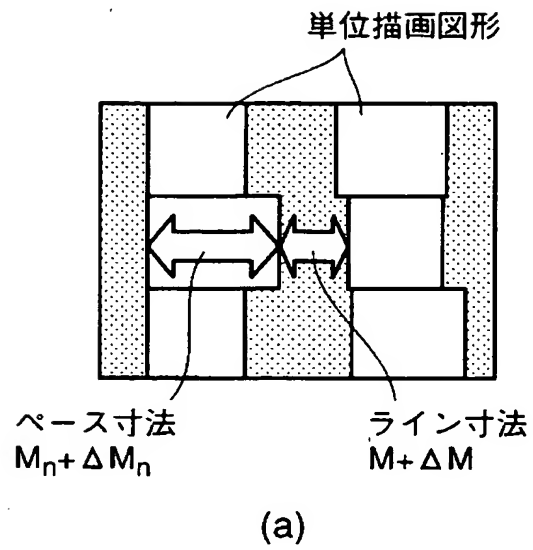
【図 1】



【図 2】



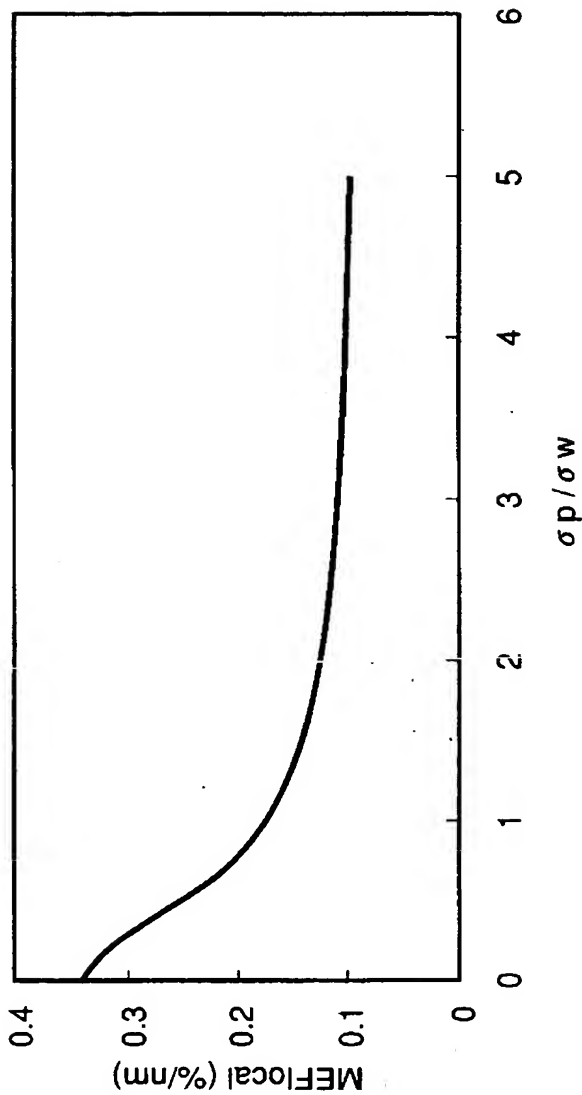
【図 3】



【図 4】

$\sigma p(\text{nm})$	$\sigma w(\text{nm})$	$\sigma E(\%)$
0	0	0.000
0	1	0.245
0	2	0.512
0	3	0.740
0	4	0.978
1	0	0.128
1	1	0.274
1	2	0.478
1	3	0.783
1	4	0.948
2	0	0.264
2	1	0.353
2	2	0.583
2	3	0.782
2	4	1.030
3	0	0.394
3	1	0.477
3	2	0.643
3	3	0.919
3	4	0.993
4	0	0.527
4	1	0.583
4	2	0.705
4	3	0.928
4	4	1.070

【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フォトマスクの製造歩留まりの低下を防止できるフォトマスクの評価方法を実現すること。

【解決手段】 ローカルCDエラーによる寸法ばらつきと、グローバルCDエラーによる寸法ばらつきを含む、フォトマスクに係る寸法ばらつきを求め（ステップS2）、上記二つの寸法ばらつきおよびこれらが露光余裕度に与える影響度を用いて、フォトマスクの寸法ばらつきにより生じる露光余裕度の劣化量を見積もり（ステップS4）、この見積もった露光余裕度の劣化量と露光余裕度の許容劣化量とを比較し、フォトマスクの良否を判定する（ステップS5）。

【選択図】 図1

特願 2002-331051

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日
[変更理由]

2001年 7月 2日

住所変更

住 所
氏 名

東京都港区芝浦一丁目1番1号
株式会社東芝